

RELIABILITAS DAN AVAILABILITAS SISTEM TIGA KOMPONEN TERSUSUN PARALEL BERSERI

¹Sudarno, ²Rukun Santoso, ³Avida Anugraheni

^{1,2,3}Departemen Statistika FSM Universitas Diponegoro

Email: dsghani@gmail.com

ABSTRACT

Reliability is the ability of a product or an item to maintain the required function of a specified period of time under given operating conditions. Availability is a measure of system performance and measures the combined effect of reliability, maintenance and logistic support on the operational effectiveness of the system. The system was formed by some components. This system could be broken, then it could not be operated. In order to system could operate again, it should be repaired. This system consist of three components, such that component-1 is a processor core, component-2 is interface input/output, and component-3 is memory. The system was arranged by parallel-seri. This paper use generation data. Data are failure time and repair time of components of system, respectively. Therefore, research variables are failure time and repair time of all component of system. The aim of this research is finding the mean time to failure and the mean time to repair components, reliability of system, and availability of system. The research result of reliability of system is 0.9998 while availability of system is 0.9987. These results could be concluded that system have best quality and high performing. Generally, if reliability value was higher then quality of system more perfect and if availability value was higher then perform of system was better.

Keywords: Reliability, availability, mean time to failure, mean time to repair.

PENDAHULUAN

Sistem adalah sekumpulan komponen yang dirangkai menjadi desain tertentu untuk mencapai fungsi yang diinginkan, sedangkan komponen adalah bagian atau unsur yang akan digunakan sebagai penunjang suatu sistem. Komponen-komponen yang menyusun sistem kerja produk perlu disusun secara terpadu agar memenuhi fungsi kerja sistem yang aman dan tepat. Penyusunan secara terpadu diperlukan guna meminimalisir kerugian ekonomi, menunjang keselamatan kerja, serta memberikan kualitas produk yang baik^[7]. Oleh karena itu, komponen dalam sistem dapat disusun dengan beberapa konfigurasi, yaitu 1) sistem komponen seri merupakan konfigurasi dimana semua komponen dihubungkan secara bersambungan, 2) sistem komponen paralel merupakan konfigurasi dimana semua komponen dihubungkan secara saling sejajar, 3) sistem komponen paralel-seri atau seri-paralel merupakan konfigurasi dimana beberapa komponen dihubungkan secara seri dan lainnya dihubungkan secara paralel atau sebaliknya, dan 4) sistem komponen kompleks merupakan konfigurasi dimana komponennya disusun dalam bermacam-macam bentuk campuran atau modifikasi^[12].

Sistem dapat terjadi kerusakan. Kerusakan sistem karena terdapat komponen yang berhenti menjalankan fungsinya. Waktu muncul terjadinya kegagalan selama beroperasi merupakan waktu kegagalan. Waktu kegagalan dapat berlangsung lama, tetapi dapat pula berlangsung singkat tergantung kerusakan pada saat mesin bekerja^[3]. Komponen yang rusak dapat beroperasi lagi jika dilakukan perbaikan. Sehingga agar sistem dapat bekerja dengan baik untuk waktu yang lama perlu pemeliharaan komponen. Terdapat dua jenis pemeliharaan

(*maintenance*), yaitu *preventive maintenance* yang bertujuan untuk meningkatkan mesin dan *corrective maintenance* yang bertujuan untuk memperbaiki mesin yang gagal bekerja. Baik saat komponen rusak maupun saat sedang diperbaiki, keduanya membutuhkan waktu, sehingga terdapat waktu kegagalan dan waktu perbaikan^[10].

Reliabilitas merupakan kemungkinan produk akan berfungsi dengan baik selama periode waktu tertentu di bawah kondisi pemakaian tanpa kegagalan. Sedangkan availabilitas merupakan suatu ukuran dari performa sistem serta untuk mengukur efek kombinasi dari reliabilitas, pemeliharaan dan dukungan logistik pada efektifitas operasional sistem^[3]. Untuk menghitung reliabilitas sistem diperlukan fungsi distribusi masing-masing komponen, tetapi untuk menghitung availabilitas sistem menggunakan rata-rata waktu kegagalan dan rata-rata waktu perbaikan semua komponen. Fungsi reliabilitas juga berguna untuk menilai keawetan umur komponen/sistem dan fungsi availabilitas berguna untuk mengukur kesiapan proses produksi pada sistem tersebut. Dalam [6] telah dilakukan penelitian menaksir reliabilitas sistem menggunakan distribusi Weibull. Distribusi Weibull merupakan generalisasi dari distribusi eksponensial. Untuk menentukan parameter distribusi menggunakan metode *maximum likelihood estimation*. Nilai reliabilitas dicari menggunakan fungsi distribusi kumulatif waktu kegagalan. Selanjutnya pada [1] dibahas tentang availabilitas sistem dengan komponen tersusun seri, dimana availabilitas merupakan ukuran performa sistem yang dipengaruhi oleh rata-rata waktu kegagalan dan waktu perbaikan dari komponen tersusun seri. Sedangkan pada [14] dibahas tentang reliabilitas dan availabilitas dari sistem dengan komponen tersusun paralel, dihasilkan bahwa reliabilitas sistem dipengaruhi oleh rata-rata waktu kegagalan tiap komponen tersusun paralel dan availabilitas sistem dipengaruhi juga rata-rata waktu perbaikan tiap komponen tersusun paralel. Selain itu, Pada [8] dikatakan bahwa dalam analisis reliabilitas sistem seri untuk mengukur efisiensi komponennya menggunakan koefisien korelasi antar komponennya, dan dalam [4] sistem *k-out-of-n* tersusun seri dengan waktu hidup komponen berdistribusi eksponensial menyatakan bahwa availabilitas *steady-state* merupakan fungsi dari rata-rata waktu kegagalan komponen.

Penelitian ini mengkaji reliabilitas dan availabilitas sistem tiga komponen yang tersusun secara paralel berseri. Ide sistemnya berupa susunan elektronika dengan komponen yang terdiri dari *processor core*, antar muka input/output dan memori. Tujuan penelitian ini adalah mencari rata-rata waktu kegagalan dan rata-rata waktu perbaikan komponen, menentukan reliabilitas dan availabilitas sistem.

METODE PENELITIAN

Sumber Data dan Variabel Penelitian

Data yang dipergunakan dalam penelitian ini adalah data bangkitan. Penggunaan data bangkitan dikarenakan sulitnya memperoleh data primer atau sekunder perihal umur pemakaian komponen. Data yang dibangkitkan adalah data waktu kegagalan dan perbaikan komponen. Sistem yang dibuat terdiri dari tiga komponen, yaitu komponen 1 berupa *processor core*, komponen 2 berupa antar muka I/O dan komponen 3 berupa memori yang tersusun paralel berseri. Sehingga, variabel penelitian yang digunakan adalah waktu kegagalan dan waktu perbaikan dari semua komponen.

Metode Analisis Data

Tahapan analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

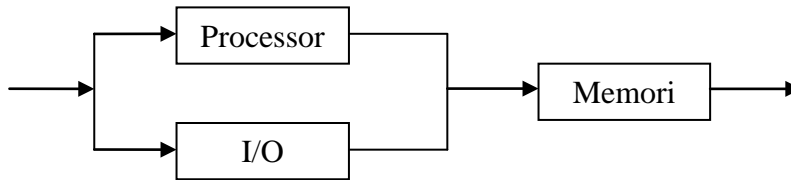
- 1) Merancang sistem dengan tiga komponen

- 2) Membangkitkan data variabel penelitian yaitu data waktu kegagalan dan waktu perbaikan setiap komponen, dengan ukuran sampel semua variabel adalah 33 data.
- 3) Menguji kecocokan model distribusi waktu kegagalan dan waktu perbaikan, masing-masing komponen menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov.
- 4) Menghitung rata-rata waktu kegagalan dan rata-rata waktu perbaikan komponen
- 5) Menentukan reliabilitas sistem.
- 6) Menentukan availabilitas sistem.

HASIL PENELITIAN

1. Susunan Sistem dan Data Waktu Pengamatan

Sistem yang diteliti dalam penelitian ini adalah sistem yang terdiri dari tiga komponen dengan susunan paralel berseri. Komponen 1 berupa *processor core*, komponen 2 berupa antar muka I/O dan komponen 3 berupa memori, dengan rancangan gambar sebagai berikut:



Gambar 1. Sistem paralel berseri tiga komponen

Data yang diperoleh merupakan data bangkitan berupa waktu kegagalan dan waktu perbaikan dari masing-masing komponen. Data waktu kegagalan dan waktu perbaikan tersebut masing-masing memiliki 33 data pengamatan (jam). Data waktu kegagalan dan waktu perbaikan tidak ditampilkan pada makalah ini, karena keterbatasan tempat.

2. Uji Kecocokan Model Distribusi

Kecocokan model distribusi waktu pengamatan dan waktu perbaikan menggunakan uji Kolmogorov-Smirnov dengan hasil sebagai berikut:

Komponen 1

Waktu kegagalan

Hipotesis:

H_0 : Data berdistribusi Weibull

H_1 : Data tidak berdistribusi Weibull

Jika diambil tingkat kesalahan $\alpha = 5\%$, didapat $D_\alpha = 0,231$

Statistik uji $D_n = 0,196$

Karena $D_n < D_\alpha$, maka H_0 diterima, artinya data yang diuji berdistribusi Weibul.

Waktu perbaikan

Hipotesis:

H_0 : Data berdistribusi lognormal

H_1 : Data tidak berdistribusi lognormal

Jika diambil tingkat kesalahan $\alpha = 5\%$, didapat $D_\alpha = 0,231$

Statistik uji $D_n = 0,1064$

Karena $D_n < D_\alpha$, maka H_0 diterima, artinya data yang diuji berdistribusi lognormal.

Komponen 2

Waktu kegagalan

Hipotesis:

H_0 : Data berdistribusi Weibull

H_1 : Data tidak berdistribusi Weibull

Jika diambil tingkat kesalahan $\alpha = 5\%$, didapat $D_\alpha = 0,231$

Statistik uji $D_n = 0,1257$

Karena $D_n < D_\alpha$, maka H_0 diterima, artinya data yang diuji berdistribusi Weibull.

Waktu perbaikan

Hipotesis:

H_0 : Data berdistribusi lognormal

H_1 : Data tidak berdistribusi lognormal

Jika diambil tingkat kesalahan $\alpha = 5\%$, didapat $D_\alpha = 0,231$

Statistik uji $D_n = 0,1093$

Karena $D_n < D_\alpha$, maka H_0 diterima, artinya data yang diuji berdistribusi lognormal.

Komponen3

Waktu kegagalan

Hipotesis:

H_0 : Data berdistribusi eksponensial

H_1 : Data tidak berdistribusi eksponensial

Jika diambil tingkat kesalahan $\alpha = 5\%$, didapat $D_\alpha = 0,231$

Statistik uji $D_n = 0,2158$

Karena $D_n < D_\alpha$, maka H_0 diterima, artinya data yang diuji berdistribusi eksponensial.

Waktu perbaikan

Hipotesis:

H_0 : Data berdistribusi normal

H_1 : Data tidak berdistribusi normal

Jika diambil tingkat kesalahan $\alpha = 5\%$, didapat $D_\alpha = 0,231$

Statistik uji $D_n = 0,1629$

Karena $D_n < D_\alpha$, maka H_0 diterima, artinya data yang diuji berdistribusi normal.

Dalam mencari parameter distribusi menggunakan metode *least mean square* (LMS) dari regresi linier sederhana. Hasil yang didapat dari distribusi waktu kegagalan komponen ditabelkan di bawah ini^[11].

Tabel 1. Estimasi parameter distribusi waktu kegagalan komponen

Distribusi	Komponen 1	Komponen 2	Komponen 3
Weibull	$\hat{\eta} = 12000$	$\hat{\eta} = 20000$	-

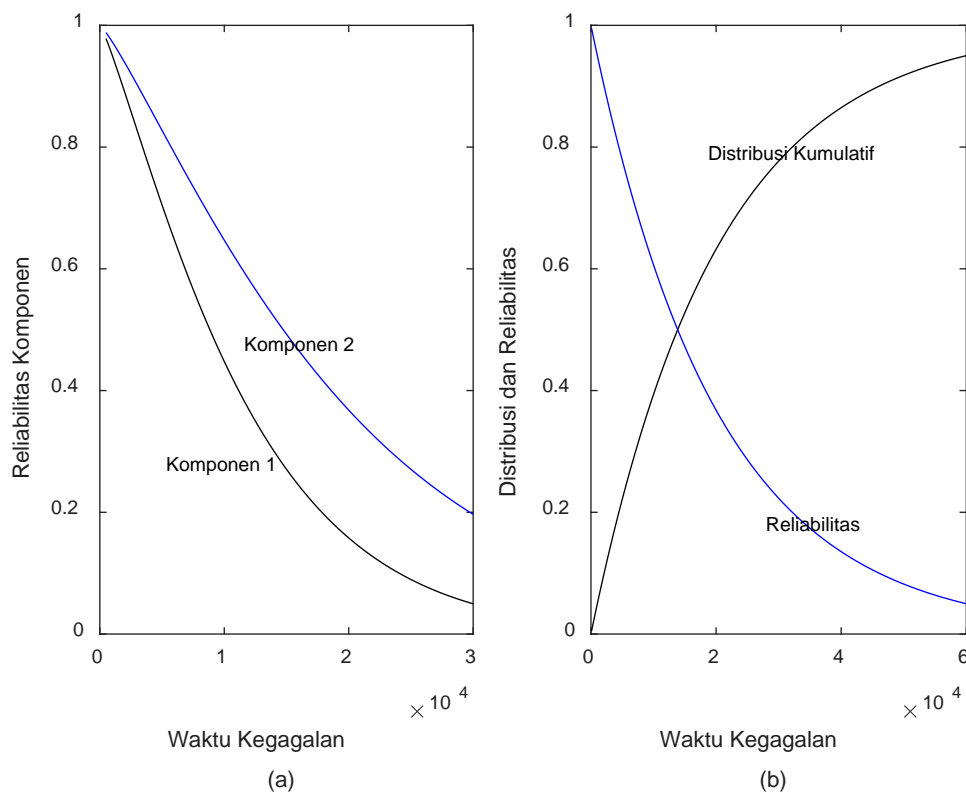
	$\hat{\beta} = 1,17$	$\hat{\beta} = 1,21$	
Ekspensial	-	-	$\hat{\lambda} = 0,00005$

Sedangkan hasil yang didapat dari distribusi waktu perbaikan komponen ditabelkan berikut ini.

Tabel 2. Estimasi parameter distribusi waktu perbaikan komponen

Distribusi	Komponen 1	Komponen 2	Komponen 3
Lognormal	$\hat{\mu}_l = 2,83$ $\hat{\sigma}_l = 1,34$	$\hat{\mu}_l = 3,05$ $\hat{\sigma}_l = 1,10$	-
Normal	-	-	$\hat{\mu} = 27$

Hubungan antara fungsi distribusi dan reliabilitas digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2. (a) Reliabilitas antara komponen 1 dan 2 yang berdistribusi Weibull.
(b) Hubungan antara distribusi kumulatif dengan reliabilitas pada komponen 3.

Pada gambar 2.a menggambarkan persamaan distribusi Weibull antara komponen 1 dengan komponen 2. secara umum, komponen 2 lebih awet daripada komponen 1. Sedangkan pada gambar 2.b menyajikan perbedaan hubungan komponen 3 antara fungsi distribusi kumulatif

dengan reliabilitasnya. Fungsi distribusi memiliki sifat berbanding terbalik terhadap fungsi reliabilitas dan kalau dijumlahkan kedua fungsi peluang tersebut akan bernilai maksimum.

3. Rataan Waktu Kegagalan dan Rataan Waktu Perbaikan

Rataan waktu kegagalan (*mean time to failure* (MTTF)) dan rataan waktu perbaikan (*mean time to repair* (MTTR)) menggunakan fungsi rataan dari distribusi masing-masing datanya. Parameter yang dipilih untuk menghitung rataan waktu tersebut menggunakan parameter hasil estimasi^[13].

Rataan Waktu Kegagalan

Rataan waktu kegagalan komponen 1 adalah

$$MTTF_1 = (12000) \Gamma\left(\frac{1}{1,17} + 1\right) = 11364,57 \text{ jam}$$

Rataan waktu kegagalan komponen 2 adalah

$$MTTF_2 = (20000) \Gamma\left(\frac{1}{1,21} + 1\right) = 18773,41 \text{ jam}$$

Rataan waktu kegagalan komponen 3 adalah

$$MTTF_3 = \frac{1}{0,00005} = 20000 \text{ jam}$$

Rataan Waktu Perbaikan

Rataan waktu perbaikan komponen 1 adalah

$$MTTR_1 = \exp\left(2,83 + \frac{1}{2} (1,34)^2\right) = 41,59 \text{ jam}$$

Rataan waktu perbaikan komponen 2 adalah

$$MTTR_2 = \exp\left(3,05 + \frac{1}{2} (1,1)^2\right) = 38,67 \text{ jam}$$

Rataan waktu perbaikan komponen 3 adalah

$$MTTR_3 = 27 \text{ jam}$$

Hasil perhitungan rataan waktu kegagalan dan rataan waktu perbaikan ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 3. Rataan waktu pengamatan kegagalan dan perbaikan

Komponen	MTTF (jam)	MTTR (jam)
1	11364,57	41,59
2	18773,41	38,67
3	20000	27

4. Reliabilitas dan Availabilitas Sistem

Hasil reliabilitas dan availabilitas dari sistem dengan 3 komponen yang disusun secara paralel berseri disajikan sebagai berikut.

Reliabilitas Sistem

Reliabilitas sistem yang dibentuk oleh tiga komponen yang bersusun paralel berseri adalah

$$R_s(t) = \left(1 - \prod_{i=1}^2 [1 - R_i(t)]\right) R_3(t)$$

dimana $R_i(t)$ menyatakan reliabilitas komponen ke- i .

Reliabilitas masing-masing komponen terhadap MTTF disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. Reliabilitas pada rata-rata waktu kegagalan

Komponen	Distribusi	MTTF (jam)	F(t)	R(t)
1	Weibull	11364,57	0,00017	0,9998
2	Weibull	18773,41	0,00007	0,9999
3	Eksponensial	20000	0,0002	0,9998

Sehingga didapat reliabilitas sistem, yaitu

$$R_s(t) = (1 - (1 - 0,9998) (1 - 0,9999)) (0,9998) = 0,9998$$

Berdasarkan hasil ini dapat dikatakan bahwa sistem bermutu sangat bagus.

Availabilitas Sistem

Availabilitas sistem yang dibentuk oleh tiga komponen yang bersusun seri berparalel adalah

$$A_s(t) = \left(1 - \prod_{i=1}^2 [1 - A_i(t)]\right) A_3(t)$$

dengan $A_i(t)$ menyatakan availabilitas komponen ke- i .

Berdasarkan tabel 3 dapat dihitung availabilitas masing-masing komponen yaitu

$$A_1 = \frac{11364,57}{11364,57 + 41,59} = 0,9964$$

$$A_2 = \frac{18773,41}{18773,41 + 38,67} = 0,9979$$

$$A_3 = \frac{20000}{20000 + 27} = 0,9987$$

Sehingga didapat availabilitas sistem, yaitu

$$A_s(t) = (1 - (1 - 0,9964) (1 - 0,9979)) (0,9987) = 0,9987$$

Berdasarkan hasil ini dapat dikatakan bahwa sistem berperforma sangat bagus.

KESIMPULAN

Berdasarkan pembahasan penelitian didapat kesimpulan bahwa:

1. Distribusi waktu kegagalan berguna untuk mendapatkan reliabilitas sistem, sedangkan untuk mendapatkan availabilitas diperlukan pula distribusi waktu perbaikan.
2. Estimasi parameter berguna untuk mencari rata-rata waktu kegagalan dan rata-rata waktu perbaikan.
3. Nilai reliabilitas sistem untuk satu nilai menggunakan rata-rata waktu kegagalan, dan nilai availabilitas sistem menggunakan tambahan rata-rata waktu perbaikan.
4. Reliabilitas sistem yang didapat adalah 0,9998.

5. Availabilitas sistem yang didapat adalah 0,9987.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anugraheni, A. 2013. Kajian Availabilitas pada Sistem Komponen Seri. *Jurnal Gaussian*. Vol. 2, No. 3, halaman 187-196.
- [2] Bain, L.J. and Engelhardt, M. 1992. *Introduction to probability and Mathematical Statistics*. Second Edition. California: Duxbury Press.
- [3] Birolini, A. 2007. *Reliability Engineering Theory and Practice*. Fifth Edition. New York: Springer.
- [4] Cekyay, B. and Ozekici, S. 2015. Reliability, MTTF and Steady-state Availability Analysis of System with Exponential Life Times. *Applied Mathematical Modelling*. Vol. 39, Issue 1, pages 284-296.
- [5] Conover, W.J. 1980. *Practical Nonparametric Statistics*. Second Edition. Canada: John Wiley & Sons, Inc.
- [6] Elmanan, E.A. and Muhammed, K.B.E.F 2016. Reliability Analysis using Weibull Distribution – Kiln of Alsalam Cement Factory as Case Study. *International Journal of Science and Research*. ISSN (Online): 2319-7064.
- [7] Elsayed, A.E. 1996. *Reliability Engineering*. Massachusets: Addison Wesley Longman, Inc.
- [8] Gong, C. and Zou, W. 2017. Improvement of Equivalent Component approach for Reliability Analysis of Series Systems. *Structural Safety*. Vol. 68, pages 65-72.
- [9] Kumar, U.D., Crocker, J., Chitra, T., and Saranga, H. 2006. *Reliability and Six Sigma*. New York: Springer.
- [10] Mott, R.L. 1985. *Machine Elements in Mechanical Design*. Fourth Edition. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- [11] Nielsen, M.A. 2011. Parameter Estimation for the Two-Parameter Weibull Distribution. *All Theses and Dissertations*. Paper 2509. Provo: Brigham Young University.
- [12] O’connor, P.D.T. and Kleyner, A. 2012. *Practical Reliability Engineering*. Fifth Edition. United Kigdom: John Wiley & Sons, Ltd.
- [13] Pasha, G.R., Khan, M.S. and Pasha, A.H. 2006. Empirical Analysis of the Weibull Distribution for Failure Data. *Journal of Statistics*. Vol. 13, No. 1. ISSN 1684-8403.
- [14] Pradewi, R.A.A. 2014. Kajian Reliabilitas dan Availabilitas pada Sistem Komponen Paralel. *Jurnal Gaussian*. Vol. 3, No. 2, halaman 243-252.